

# UMA VISÃO GEOFÍSICA DA SECA

Cato Lossio Botelho

## 1. INTRODUÇÃO

Três Modelos descritivos do clima tropical e equatorial foram desenvolvidos:

1. Da Escola Climatológica;
2. Da Escola das Massas de Ar;
3. Da Escola de Permuta.

### Escola Climatológica

Considera o tempo nos trópicos em termos de controles diurnos e sazonais, mais os efeitos locais. De acordo com esse modelo, o tempo dia a dia nos trópicos difere muito pouco, a partir do que é revelado pelas médias mensais e anuais. Os conceitos como os alísios, as monções, os doldrums são usados para explicar os padrões das condições atmosféricas e dos climas tropicais e equatoriais

### Escola de Massa de Ar e de Frentes

É uma tentativa para transferir os conceitos de *massa de ar* e *de frentes* desenvolvidos por Bjerkness e Bergeron nas latitudes médias, para os trópicos, com pouca ou nenhuma modificação. O modelo mostrou ser enganador e inútil nos trópicos, principalmente porque as massas de ar tropicais e equatoriais diferem muito pouco em suas características térmicas.

### Escola de Permutação do Tempo e dos Climas Tropicais e Equatoriais

Está até certo ponto, baseado nos conceitos do modelo climatológico como nos *alísios*, *monções* e *doldrums*. Todavia, a Escola das Permutações acentua a importância das *perturbações* que *afetam* os padrões de *circulação média*, e essas perturbações são acompanhadas por padrões de tempo e pressão característicos e identificáveis em um mapa meteorológico diário.

As previsões de clima nos trópicos, são menos susceptíveis de tratamento matemático do que as regiões temperadas. Não há relação de causas e efeitos perfeitas entre os vários fenômenos meteorológicos, elas são mutáveis, há *sim* correlações estatisticamente significativas. Nas zonas temperadas há um (certo) rigor matemático nas relações de causas e efeitos, enquanto nos Trópicos não há esta relação, perfeita, mas *sim* Interconexão entre vários fenômenos, de naturezas diversas, como: meteorológicos, climáticos, oceanográficos, astronômicos, que são estatisticamente significativos.

## 2. CONCEITO

A Seca não é a falta absoluta de chuva, mas *sim* a sua má distribuição no tempo e no espaço. A má distribuição no tempo, ocorre, quando, durante os doze meses do ano, em um só mês, ocorrem precipitações pluviiais normais. A má distribuição no espaço se verifica quando essas mesmas chuvas atingem somente a faixa litorânea, deixando as outras regiões do "hinterland" com raras chuvas, ou ausências mesmo, destas precipitações.

Tanto é verdade, que a República da Alemanha com a média pluvial de 690mm, não apresenta o fenômeno da seca, e o Ceará com um índice pluvial médio de 750mm está sujeito a este fenômeno. Tudo isto, ao lado de períodos chuvosos como os de 1924 e 1947, e de secas violentas como as de 1877, 1915, e 1932.

Aliás no Semi-Árido Nordestino e Cearense existem conflitos e contrastes violentos entre a climatologia e a meteorologia, pois apesar do Ceará apresentar um clima equatorial semi-árido, o regime pluvial é do tipo torrencial. Daí a filosofia sertaneja de que no "Ceará é oito ou oitenta", ou seja, secas ao lado de tópicos de chuvas bruscas e violentas, semelhantes às trombas d'água.

O período chuvoso (chamado erroneamente "inverno") é definido e caracterizado por chuvas constantes e bem distribuídas acompanhadas de relâmpagos e trovões. A irregularidade na distribuição das chuvas é que define o fenômeno da seca, anormalizando o nosso clima.

## 3. A EXPRESSÃO "INVERNO"

Convém ressaltar que o termo "Inverno" não pode ser empre-

gado como sinônimo de chuva, visto que na zona intertropical *não existem as quatro estações*. Aqui na realidade existem só duas estações: a seca e a chuvosa.

Denominar-se de "Inverno" nossa *estação chuvosa* se deveu aos portugueses, que ao constatarem as primeiras precipitações pluviiais, denominaram este período chuvoso de "inverno", em analogia a Portugal, que tem as suas chuvas no *período frio* (inverno) e, sobretudo pelo fato de que naquela época os *lusitanos não conhecia* ainda a tipologia climática dos trópicos e do equador, sendo portanto essa designação de característica mais *transcultural* (histórica) do que científica (climática).

#### 4. O PROBLEMA ESTACIONAL E A QUESTÃO DA TROPICALIDADE

Nas Zonas *Intertropicais* não existem as *quatro estações* do ano: primavera (estação das flores), outono (estação dos frutos), verão (estação do calor) e inverno (estação do frio); as *quatro estações* estão presentes apenas nas *zonas temperadas*. Nas *zonas intertropicais*, existem só duas estações: a seca e a chuvosa, as quais são bem definidas e típicas. Com base na ocorrência de *precipitações pluviiais e umidade* de nossa atmosfera, caracterizada ainda, por uma *pequena amplitude térmica diária*; diferentemente das *zonas temperadas*, onde as variações de temperatura diárias são máximas, porém mais *acentuadas nos períodos estacionais* (inverno e verão).

#### 5. O SEMI-ÁRIDO TROPICAL DIFERE DO SEMI-ÁRIDO TEMPERADO

O modelo de *ar frontal* que tipifica as *zonas temperadas* mostrou ser *enganador e inútil* na *Zona Intertropical*, porque as *massas de ar tropical* diferem muito pouco em suas *características térmicas*, diferentemente do que ocorre nas *zonas temperadas*. As mudanças de tempo na *Zona Intertropical* forçam o desenvolvimento de *modelos sinóticos intertropicais* com métodos *próprios*, donde se conclui que os modelos do clima temperado (latitudes médias) não são aplicados nos trópicos.

## 6. SISTEMAS DE CHUVAS

Para nós existem "dois" sistemas distintos de *chuvas no Nordeste Brasileiro*: o da *Zona do Sertão* e o da *Zona da Mata e Agreste*. As chuvas do *Semi-Árido (Sertão)* são oriundas, em sua grande maioria, do Atlântico Norte e Pacífico, enquanto que as precipitações pluviais da *Zona da Mata e do Agreste* têm sua origem no Atlântico Sul. A maioria das nossas chuvas é *oriunda do Atlântico Norte*, onde o *deslocamento das massas de ar* seguem uma *trajetória* que passa pela Venezuela nos meses de setembro e outubro, chegando às Guianas em novembro, alcançando o Pará em dezembro. Em janeiro e fevereiro, as massas de ar atingem o Maranhão e, só em março chegam aos Estados do Piauí e Ceará. A *intensidade de chuvas nesse roteiro* nos permite *avaliar* a incidência de um bom "inverno" na região do sertão nordestino.

Enquanto isto, a FUNCEME defende a existência de um só sistema meteorológico para todo o Nordeste.

Por outro lado, *correlacionamos as chuvas* de nosso *Semi-Árido* com *antecipação ou retardamento do degelo* na América do Norte e Europa. O *prolongamento do período frio* com muita geada, neve, granizo, na América do Norte e Europa, deixa a *certeza de chuvas escassas ou secas*, como acontece neste ano de 1993 e nos anos de 1877, 1888 e 1932. As *águas do nosso "inverno"* só *vêm depois* do degelo da América do Norte e Europa.

## 7. METODOLOGIA E MODELO TROPICAL

Toda a *metodologia* e "know-how" dos meteorologistas que trabalham com o *Semi-Árido das Zonas Temperadas* não se aplicam em absoluto ao *Semi-Árido dos Trópicos e Equador*. Por isto, a *água no Semi-Árido das Zonas Temperadas* se faz presente por diversas modalidades como: geadas, nevadas, granizos e precipitações pluviais; ao passo que no *Semi-Árido Tropical e Equatorial*, a *água* se faz presente apenas por um vetor, isto é, a *precipitação pluvial (chuva)*.

*Particularmente*, adotamos um modelo que tipifica o *Semi-Árido Tropical e Equatorial*. Enquanto isto, a FUNCEME utiliza o modelo temperado do *Semi-Árido americano (Arizona e Texas)* ou

mesmo israelita, os quais não se adequam ao Semi-Árido Intertropical do Ceará. Como vemos, nossa Instituição Oficial de Meteorologia se baseia no Semi-Árido das regiões temperadas, e nós utilizamos o modelo intertropical. São métodos portanto divergentes.

## 8. AS CORRELAÇÕES GEOFÍSICAS E AS TELECONEXÕES

O mecanismo das Secas e Chuvas no Semi-Árido Tropical, *não se liga somente às forças meteorológicas*, como quer a FUNCEME, para nós, este mecanismo está ligado *além das forças meteorológicas*, aos fenômenos *climáticos, astronômicos, oceanográficos, e outros fatos geofísicos*, num processo de *correlação*.

O que vem a ser teleconexão? Teleconexão é uma *conjugação de anormalidades*, em larga escala no tempo e espaço, na *circulação atmosférica*, não havendo relação de causa e efeito perfeita, mas *sim coincidências ou correlações estatisticamente significativas*. Quais são os principais tipos de teleconexões e suas significações? Os principais tipos de teleconexões são: o Fenômeno "El Niño", a Oscilação Meridional, etc. Este fato, tanto *horizontaliza como verticaliza as anomalias climáticas e ambientais*, em escalas macroregionais ou em escala global.

### 8.1 O Fenômeno "El Niño"

(O Menino), em alusão ao Menino Jesus, porque o ápice deste fenômeno ocorre no mês de dezembro, por ocasião do Natal, resultando de uma *invasão das águas quentes equatoriais sobre as águas normalmente frias do litoral no Pacífico* (Equador e Peru). O *aquecimento das águas*, nesta região é acompanhado pelo *desaparecimento da ressurgência das águas frias* da Corrente de Humboldt ou do Peru. Este fato causa um *aumento de temperatura nas águas no Pacífico de até 5°C*, com a *convecção do vento* que sobe os Andes, e que conduz o *fluxo do calor do oceano para a atmosfera*, chegando mesmo a cessar também a ressurgência da corrente fria do Peru. Existe uma forte coincidência entre os anos de ocorrência do "El Niño" e as *intensas inundações catastróficas* no Peru, Região Sul e Sudeste do Brasil, bem assim, as *fortes se-*

cas no Nordeste Brasileiro, Indonésia, Índia, Austrália, como também a *severidade nos invernos* da América do Norte e Europa (como se verificou em 1984 e agora em 1993). Foi registrado pela primeira vez em 1926 por Murphy, na Revista *Geographical Review*, verificado no Golfo de Guayaquil, no Equador, ocorrido em 1911.

A *escassez das chuvas* no Sertão Nordestino, ocorre porque a *Convergência Intertropical* – (CIT) não avança para o sul do equador. Esta *posição setentrional da CIT* é um dos fatores que ocasiona a seca que por sua vez está relacionada ao fortalecimento do *anti-ciclone do Atlântico Sul* (alta pressão) e ao dos *ventos alíseos* do sudoeste. As *chuvas do Semi-Árido* vêm da FIT que nasce no Atlântico Norte, desce em *direção* ao Brasil (4° latitude sul), despejando as suas águas. Quando a FPA oriunda do Polo Sul é acompanhada de outra FPA originária do Polo Norte (E.U.A. e Europa), destrói o *anti-ciclone* (alta pressão – quente – *doldrum*) dos Açores, fato este que vai provocar *inundações no Semi-Árido*.

Convém finalmente esclarecer, que *originalmente*, a expressão espanhola “El Niño” designava o *aquecimento temporário* apenas do *litoral norte do Peru*, por esta corrente quente, batizada com este nome pelos pescadores locais. O fenômeno era como vemos *restrito no espaço e no tempo*. Só *recentemente*, a expressão passou a ser usada para designar o *aumento generalizado das temperaturas das águas do Pacífico leste equatorial* e *ausência de ressurgência* ao longo da costa oeste da América do Sul, provocada pela *Corrente Fria de Humboldt*. Por outro lado, a *superposição da Corrente “El Niño” de águas quentes*, mas pobre em nutrientes, com a *Corrente Fria de Humboldt*, prejudica a produção de pescas nesta área do Pacífico. Finalmente, o fenômeno é um componente que resulta da *interação* de acontecimentos físicos entre o oceano e a atmosfera, o qual ocorre com *intervalos irregulares de 02 até 10 anos*.

A presença desta forte *massa de ar quente impede* a passagem das *frentes frias* provenientes do Pólo Sul, as quais não atingem as baixas latitudes do Nordeste brasileiro. Esta colossal *Corrente Quente (Jet-Stream)* que sopra no sentido oeste/leste, transpõe a Cordilheira dos Andes, e atinge o nosso País um pouco acima da linha do *Trópico de Capricórnio*, ocasionando assim, fortes *inundações nas Regiões Sudeste e Sul do Brasil* e *impedindo* destarte, as *chuvas no Nordeste Brasileiro*.

## 8.2 O Fenômeno da Oscilação Meridional

É a tendência da *variação da pressão entre o leste e oeste do oceano Pacífico*, particularmente ao Sul do equador. Quando a *pressão é alta no Leste do Pacífico* (Equador, Peru, Chile), ela é baixa no Oeste deste Oceano (Austrália, Indonésia).

Esta *oscilação meridional* é uma *variação da pressão da superfície do mar*, e está *relacionada com a modificação da temperatura na superfície oceânica do Pacífico*, com um *aquecimento anômalo* de até 5°C, ocasionando uma *variação no nível do mar*, que chega a *se elevar até 22cm*, nas *Ilhas de Galápagos*. Este fato chega a *alterar o índice de pluviosidade* no Peru, Equador, Indonésia, Austrália, Índia, Nordeste Brasileiro. O *conjugamento da oscilação meridional com o "El Niño"* se denomina de ENSO "El Niño"/Southern/Oscillation. Normalmente, as *águas frias do Pacífico Equatorial resfriam o ar*, a ponto de dificultar a sua *ascensão no litoral do Equador, Peru e Chile*. No mês de outubro, a *localidade equatorial de Puerto Ilo*, que apresenta uma *precipitação média mensal de 68mm*, com a ação do fenômeno do "El Niño" e a Oscilação Meridional, passa a receber uma *elevação extraordinária de chuvas atingindo mesmo 650mm*, ocasionando *destarte, inundações, deslizamentos, ravinamentos*, tendo em vista que a *área tem sistemas de drenagens adaptados a baixos índices pluviométricos*. Aos prejuízos causados por essas *anomalias climáticas*, *altam-se ainda outros, como a desestruturação das atividades pesqueiras*.

## 9. FATORES ASTRONÔMICOS

*Destaque-se que a expressão Clima, é uma palavra grega, e significa inclinação do céu.*

Os *fatores astronômicos influem na questão climática da Terra*. Como vimos inicialmente, eles *explicam o aparecimento das quatro estações nas zonas temperadas* (primavera, verão, outono e inverno) *as duas estações nos trópicos* (seca e chuvosa), e *das duas estações nas zonas glaciais* (gelo e degelo), as quais se *devem à variação da excentricidade da órbita* (caminho descrito pelo nosso Planeta no espaço cósmico) terrestre, tendo em vista a *presença do periélio* (quando a Terra está mais próxima do Sol) e

do *afélio* (quando o nosso Planeta está mais afastado do Astro-Rei). Se fosse um círculo perfeito não existiriam as estações climáticas na Terra.

## 9.1 Passagem do Equinócio

Na superfície terrestre, temos linhas astronômicas significativas: a *linha equatorial* e a *linha dos trópicos* (Câncer e Capricórnio). A presença destas linhas se deve à *obliquidade da eclíptica* ( $23^{\circ}27'8''$ ), se fosse  $0^{\circ}$  seria nula. Quando o Sol percorre a *linha do equador* todos os pontos da Terra recebem a mesma quantidade de luz e calor, equilibrados, neste momento, estamos no *período equinocial*. Quando porém o Sol percorre os *Trópicos*, os dias são mais longos e o calor mais intenso, ora num Hemisfério ora noutro Hemisfério, dependendo do Sol estar percorrendo ora o Hemisfério Norte (Trópico de Câncer) ora o Hemisfério Sul (Trópico de Capricórnio).

Quando da *passagem do 2º Equinócio (21 de março)*, onde o Sol volta a percorrer o *Equador*, neste momento, a faixa equatorial ou intertropical passa a receber maior quantidade de irradiação solar, conseqüentemente *elevando a temperatura* e ocasionando também o aumento das *evaporações e precipitações pluviats*. Portanto, para nós no Ceará, quando se verifica em 21 de março, a passagem do equinócio, o Sol passa a percorrer a *Linha do Equador*, ocorre nesse momento, as condições ideais para as nossas precipitações pluviais.

## 9.2 Manchas Solares

No Sol, em *períodos* aproximadamente *undecenais* (11 anos), ciclo 70 anos *seca* (1976 a 2046), são verificadas *desintegrações radioativas* em elevadíssimas proporções, cujas *temperaturas se elevam a milhões de graus centígrados* (máximos de atividades solares). Em seguida, em face das grandes perdas de energia se verifica uma *tendência* para um *resfriamento* o qual enseja o aparecimento de *manchas solares* (escuras) que absorvem tão intensamente a irradiação solar, que se houvesse uma perda contínua de energia, estas manchas tenderiam a formar *verdadeiras "crostas" solares*; tal não acontece, devido à capacidade geofísica de nosso Sol em se auto-alimentar de ener-

gia.

Nos anos de *manchas solares*, ocorrem as *chuvas* nos Semi-Áridos do Planeta. Quando se verificam os *mínimos de atividades solares* ocorrem as boas *chuvas*. As secas no Ceará, isto é, o verão, coincidem portanto com os *máximos de atividades solares*, conseqüentemente, as *chuvas* coincidem com o aparecimento de *manchas solares*.

## 10. LEITURA DE IMAGENS DE "SENSOREAMENTO REMOTO"

A *leitura de imagens* enviadas pelos Satélites (NASA), sobre o *clima e tempo* nos Trópicos, têm um comportamento diferente das áreas temperadas. As constantes *mudanças do clima* nos Trópicos e o *dinamismo* de suas *variações* forçam uma *visão* e um *padrão de interpretação* muito mais *variável* do que se possa pensar, por causa das pequenas *mudanças de temperatura diárias*. As massas de *ar frontal* mostram-se sempre *enganadoras* nos Trópicos diferente das *Zonas Temperadas*, cujas *variações* são mais *acentuadas* nos *períodos estacionais*, do que nos *períodos diários*. Daí algumas *leituras inadequadas*, de alguns especialistas em *imagens* nas Regiões Tropicais.

## 11. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para se ter uma *visão integrada* da fenomenologia da *seca intertropical do Semi-Árido* não basta apenas estudar a "*latus sensus*", mas *conhecer a climatologia, a oceanografia, a astronomia*, o desenvolvimento *ondulatório*, a *interação oceano X atmosfera*, bem assim, outros dados, dentro do que o francês denomina de "*AMÉNÈGEMENT DU TERRITOIRE*", do seu substrato físico.

Por tudo isso, reiteiramos o nosso apelo à FUNCEME para que *reavalie* o seu *modelo estatístico*, atualmente apoiado num modelo do Semi-Árido da Zona Temperada, utilizado pelo modelo americano (Arizona e Texas), o qual *não se ajusta* em absoluto, à realidade meteorológica do Estado do Ceará. O nosso Estado deve *adotar o modelo do Semi-Árido Intertropical*, que tipifica a Zona do Sertão Brasileiro. A *previsão do clima* nos Trópicos e Equador é *menos susceptível de tratamento matemático* do que nas Regiões Temperadas.

### 11.1 Dados para a previsão de Chuvas (Janeiro a Março) no Semi-Árido (Sertão Nordestino)

Os dados para previsão de chuvas terão necessariamente de ser obtidos, pelo menos *entre o 2º Solstício* (21 de dezembro) e *2º Equinócio* (21 de março), isto é, com 03 meses de antecedência do início do inverno no Hemisfério Norte; sobretudo do ano anterior, tendo em vista a posição do *periélio*. Os dados a serem identificados são:

01. Ocorrem chuvas, quando no *Pacífico* (mais frio, sob ação da Corrente Marítima de Humboldt) apresentar uma *temperatura de 3°C mais fria* do que a temperatura de superfície do mar (TSM) da costa do *Pacífico-Sul-Americana*; ou ainda as temperaturas médias entre *Talara* (5° de latitude sul) e *Callao* (12° de latitude sul), no Peru, excedam um desvio padrão em 03 ou mais meses consecutivos;
02. Temos chuvas quando a *temperatura do Atlântico Sul* for no mínimo de 1,5°C a 3°C *mais quente do que o Atlântico Norte*;
03. Existem chuvas quando a *antecipação do degelo* no Hemisfério Norte (*América do Norte e Europa Ocidental*), ocorrer até 30 dias aproximadamente antes do *2º Equinócio*; o prolongamento do inverno no Hemisfério Norte levará à seca no Semi-Árido do Nordeste Brasileiro;
04. Haverá chuvas quando aproximadamente 60 dias da *passagem do 2º Solstício*, houver uma *concomitância* da presença de *massas de ar frio do polo Sul* acompanhadas por outras massas de ar frias do *Polo Norte*, e que *destruam o anticiclone quente (alta pressão) das Ilhas dos Açores*, provocando naquele centro, pressões muito mais baixas (*doldrums*), com a *predominância dos ventos alíseos* (dos Polos para o equador) do Nordeste no Atlântico Sul, como em: 1912, 1917, 1924 e 1947;
05. Teremos chuvas, se o centro *ciclonal de Santa Helena, Gough e Tristão da Cunha* se situarem aproximadamente entre as coordenadas de 30° de latitude sul e 15° de

- longitude oeste, posição mais afastada do Nordeste. (As secas ocorreram quando este centro se situava a 25° de latitude sul e 5° de longitude oeste);*
06. Quando houver um *deslocamento da Zona de Convergência Intertropical (CIT)* e esta descer do Hemisfério Norte para o Hemisfério Sul, no mínimo até 4° de latitude sul (Ceará vai de 2° a 7° de latitude sul) provocará chuvas no sertão Nordestino; indo atingir 6° de latitude sul, beneficiará ainda mais o Semi-Árido do Nordeste;
  07. Haverá chuvas quando da presença de *manchas solares*, acompanhadas de diminuição das atividades do Sol, logo após a passagem do 2° Solstício com libertação de núcleos nús (eletróns);
  08. As chuvas copiosas de 600mm nas planícies costeiras do Equador (Puerto Ilo) e do Peru (em outubro), apontam secas ou mau "inverno" para o Nordeste Brasileiro;
  09. À redução da pressão (759mm a 756mm) no Pacífico, corresponde o aumento da pressão (760mm a 762mm) no Atlântico Sul; com isso, ocorre o fortalecimento dos ventos alíseos do Sudeste (SE) que mantém a CIT ao Norte do equador. Quando a CIT ficar retida no Atlântico Norte é seco no Nordeste, como aconteceu nos anos de: 1887, 1915, 1919 e 1932 (secas).
  10. Ao se falar em teleconexões, não se afirma que há relações de causa e efeito perfeitas, mas sim coincidência ou correlações estatisticamente significativas. O que o levantamento das teleconexões põe em evidência é a necessidade de *horizontalizar* e ao mesmo tempo, *verticalizar* o estudo das anomalias climáticas e/ou ambientais de repercurssões macrorregionais.

*Cato Lóssio Botelho*

- Doutor em Planejamento Regional - O.E.A
- Livre - Docente - U.F.C.
- Professor Titular - U.E.CE;
- Presidente da Academia Cearense de Ciências.